

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-289178

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl.

H01M 4/02

H01M 4/04

H01M 4/38

H01M 4/66

H01M 10/40

(21)Application number : 2001-084761

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 23.03.2001

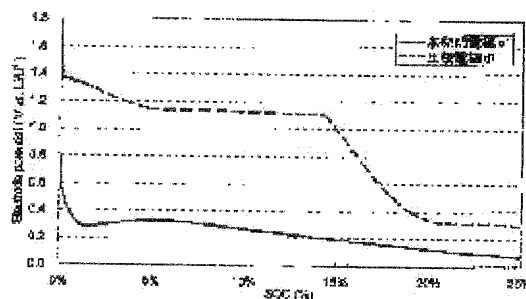
(72)Inventor : TAMURA NOBUYUKI
OSHITA RYUJI
JINNO MARUO

(54) LITHIUM SECONDARY BATTERY AND ELECTRODE FOR IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lithium secondary battery electrode of high discharge capacity and charge/discharge cycle characteristics wherein an active material layer comprising a metal which alloys with Li is provided on a collector layer comprising a metal which does not alloy with Li.

SOLUTION: On a surface on the side opposite to the collector layer of the active material layer, a surface coat layer comprising a metal which does not alloy with Li or that comprising an alloy of a metal which does not alloy with Li and a metal which alloys with Li is provided.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-289178

(P2002-289178A)

(43)公開日 平成14年10月4日(2002.10.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 M	4/02	H 0 1 M	D 5 H 0 1 7
	4/04		A 5 H 0 2 9
	4/38		Z 5 H 0 5 0
	4/66		A
	10/40	10/40	Z

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-84761(P2001-84761)

(22)出願日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 田村 宜之

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72)発明者 大下 竜司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74)代理人 100095382

弁理士 目次 誠 (外1名)

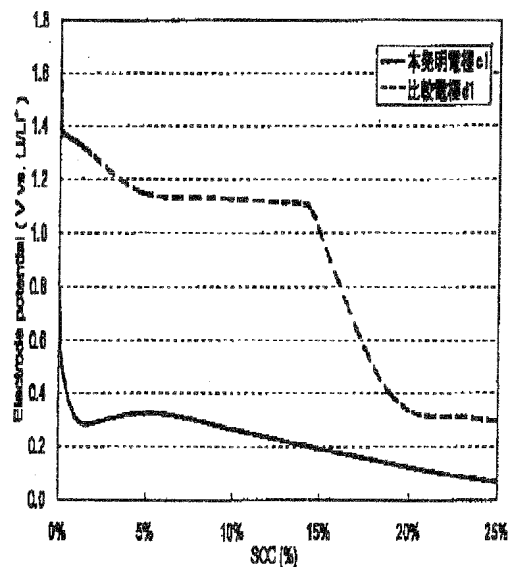
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リチウム二次電池用電極及びリチウム二次電池

(57)【要約】

【課題】 Liと合金化しない金属からなる集電体層の上に、Liと合金化する金属からなる活物質層が設けられたリチウム二次電池用電極において、放電容量が高く、かつ充放電サイクル特性に優れたリチウム二次電池用電極を得る。

【解決手段】 活物質層の集電体層と反対側の面の上に、Liと合金化しない金属からなる表面被覆層またはLiと合金化しない金属とLiと合金化する金属との合金からなる表面被覆層が設けられていることを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 Ｌｉと合金化しない金属からなる集電体層の上に、Ｌｉと合金化する金属からなる活物質層が設けられたリチウム二次電池用電極において、前記活物質層の前記集電体層と反対側の面の上に、Ｌｉと合金化しない金属からなる表面被覆層またはＬｉと合金化しない金属とＬｉと合金化する金属との合金からなる表面被覆層が設けられていることを特徴とするリチウム二次電池用電極。

【請求項２】 前記表面被覆層のＬｉと合金化する金属が、前記活物質層のＬｉと合金化する金属と同一の金属であることを特徴とする請求項１に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項３】 前記表面被覆層のＬｉと合金化しない金属が、前記集電体層のＬｉと合金化しない金属と同一の金属であることを特徴とする請求項１または２に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項４】 Ｌｉと合金化する金属がＳｎであることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項５】 Ｌｉと合金化しない金属がＣｕであることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項６】 前記集電体層となる基板の上に、Ｌｉと合金化する金属を堆積することにより前記活物質層が形成されていることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項７】 前記活物質層となる基板の上に、Ｌｉと合金化しない金属を堆積することにより前記集電体層が形成されていることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項８】 前記活物質層の上に、めっき法またはスパッタリング法により前記表面被覆層が形成されていることを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項９】 前記表面被覆層がＣｕからなることを特徴とする請求項１～８のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項１０】 前記表面被覆層がＳｎ－Ｃｕ合金からなることを特徴とする請求項１～９のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項１１】 前記表面被覆層と前記活物質層の界面に前記表面被覆層の成分と前記活物質層の成分が混合した混合相が形成されていることを特徴とする請求項１～１０のいずれか１項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項１２】 前記混合相が、前記表面被覆層形成後の熱処理により形成されていることを特徴とする請求項１１に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項１３】 前記表面被覆層の厚みが０．２μｍ以下であることを特徴とする請求項１～１２のいずれか１

項に記載のリチウム二次電池用電極。

【請求項１４】 請求項１～１３のいずれか１項に記載の電極からなる負極と、正極と、非水電解質とを備えることを特徴とするリチウム二次電池。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】 本発明は、リチウム二次電池用電極及びこれを用いたリチウム二次電池に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】 近年、研究開発が盛んに行われているリチウム二次電池は、用いられる電極により充放電電圧、充放電サイクル寿命特性、保存特性などの電池特性が大きく左右される。このことから、電極活物質を改善することにより、電池特性の向上が図られている。

【０００３】 負極活物質としてリチウム金属を用いると、重量当り及び体積当りともに高いエネルギー密度の電池を構成することができるが、充電時にリチウムがデンドライト状に析出し、内部短絡を引き起こすという問題があった。

【０００４】 これに対し、充電の際に電気化学的にリチウムと合金化するアルミニウム、シリコン、錫などを電極として用いるリチウム二次電池が報告されている（SolidState Ionics, 113-115, p57(1998)）。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】 本出願人は、リチウム二次電池用電極として、銅箔などの集電体の上に電解めっき法などによりリチウムと合金化する錫などの薄膜を堆積した電極が、放電容量が大きく、比較的良好なサイクル特性を示すことを見出している。

【０００６】 しかしながら、実用的なリチウム二次電池用電極とするためには、さらにサイクル特性を改善することが必要である。本発明の目的は、放電容量が大きく、かつ充放電サイクル特性に優れたリチウム二次電池用電極及びこれを用いたリチウム二次電池を提供することにある。

【０００７】

【課題を解決するための手段】 本発明は、Ｌｉ（リチウム）と合金化しない金属からなる集電体層の上に、Ｌｉと合金化する金属からなる活物質層が設けられたリチウム二次電池用電極であり、活物質層の集電体層と反対側の面の上に、Ｌｉと合金化しない金属からなる表面被覆層またはＬｉと合金化しない金属とＬｉと合金化する金属との合金からなる表面被覆層が設けられていることを特徴としている。

【０００８】 本発明においては、Ｌｉと合金化しない金属を含む表面被覆層が活物質層の上に設けられているので、活物質層の表面と電解液との反応をこの表面被覆層により抑制することができる。この結果、活物質層表面の劣化を抑制することができ、充放電サイクル特性を向

上させることができる。

【０００９】本発明において、Ｌｉと合金化する金属としては、Ｌｉと固溶体または金属間化合物を形成する金属が挙げられる。このような金属としては、Ｓｎ

（錫）、Ｇｅ（ゲルマニウム）、Ａｌ（アルミニウム）、Ｉｎ（インジウム）、Ｍｇ（マグネシウム）、Ｐｂ（鉛）、Ｂｉ（ヒスマス）、Ｚｎ（亜鉛）などが挙げられる。Ｌｉと合金化する金属は、２種以上が含まれていてもよい。従って、活物質層中には、Ｌｉと合金化する金属の２種以上が含まれていてもよく、Ｌｉと合金化する２種以上の金属の合金から形成されていてもよい。

【００１０】本発明において、Ｌｉと合金化しない金属としては、Ｌｉと固溶体または金属間化合物を形成しない金属が挙げられる。具体的には、Ｌｉとの二元状態図で合金状態が存在しない金属が挙げられる。Ｌｉと合金化しない金属としては、例えば、Ｃｕ（銅）、Ｆｅ（鉄）、Ｎｉ（ニッケル）、Ｃｏ（コバルト）、Ｍｎ（マンガン）、Ｔｉ（チタン）、Ｚｒ（ジルコニウム）、Ｍo（モリブデン）、Ｗ（タングステン）、Ｔa（タンタル）などが挙げられる。Ｌｉと合金化しない金属は、２種以上含まれていてもよい。

【００１１】本発明において、表面被覆層は、Ｌｉと合金化しない金属から形成されていてもよいし、Ｌｉと合金化しない金属とＬｉと合金化する金属との合金から形成されていてもよい。この合金中に含まれるＬｉと合金化する金属は、活物質層を構成するＬｉと合金化する金属と同一の金属であってもよいし、異なる金属であってもよい。例えば、活物質層がＳｎから形成される場合、表面被覆層中の合金はＳｎの合金であってもよいし、Ｇｅなどのその他のＬｉと合金化する金属の合金であってもよい。

【００１２】また、表面被覆層のＬｉと合金化しない金属は、集電体層のＬｉと合金化しない金属と同一の金属であってもよいし、異なる金属であってもよい。例えば、集電体層がＣｕからなる場合、表面被覆層はＣｕであってもよいし、Ｆｅなどのその他のＬｉと合金化しない金属であってもよい。

【００１３】本発明においては、集電体層の上に活物質層が設けられている。集電体層の上に活物質層を設ける方法の１つとしては、集電体層となる基材の上に、Ｌｉと合金化する金属を堆積することにより活物質層を形成する方法が挙げられる。例えば、集電体層となる銅箔などのＣｕ基板の上に、Ｓｎを堆積することによりＳｎからなる活物質層を形成することができる。他の方法としては、活物質層となる基板上に、Ｌｉと合金化しない金属を堆積することにより集電体層を形成する方法が挙げられる。例えば、活物質層となる銅箔などのＳｎ基板の上に、Ｃｕを堆積することによりＣｕからなる集電体層を形成することができる。活物質層や集電体層を形成する方法としては、めっき法、スパッタリング法、蒸着法

などが挙げられる。蒸着法としてはＣＶＤ法や真空蒸着法が挙げられる。また、めっき法としては、電解めっき法や無電解めっき法が挙げられる。

【００１４】本発明においては、表面被覆層と活物質層の界面に、表面被覆層の成分と活物質層の成分が混合した混合相が形成されていてもよい。このような混合相は、例えば、活物質層の上に表面被覆層を形成した後、熱処理することにより形成することができる。この混合相においては、表面被覆層の成分と活物質層の成分が固溶体や金属間化合物を形成していてもよい。また、混合相は、結晶性であってもよいし、アモルファスであってもよい。

【００１５】上記の混合相を形成するための熱処理の温度としては、表面被覆層の金属または合金の融点及び活物質層の金属または合金の融点のうち、低い方の融点の５０％～１０５％程度の温度であることが好ましい。表面被覆層としてＣｕ層を用い、活物質層としてＳｎ層を用いる場合、Ｃｕの融点は１０８５℃であり、Ｓｎの融点は２３２℃であるので、低い方の融点である２３２℃の５０％～１０５％の温度、すなわち１１６～２４３℃の範囲内の温度で熱処理することが好ましい。より効果的に混合相を形成するためには、さらに１６０～２４０℃の範囲内の温度で熱処理することが好ましい。また、このような熱処理の際、活物質層と集電体層の界面において、活物質層の成分と集電体層の成分が混合した混合相が形成されてもよい。

【００１６】本発明において、表面被覆層の厚みは０．２μm以下であることが好ましく、さらに好ましくは０．１μm以下である。表面被覆層の厚みが厚くなり過ぎると、活物質層と電解液中のＬｉとの反応が阻害され、充放電容量が低下する場合がある。また、表面被覆層の厚みは、０．０１μm以上であることが好ましい。従って、表面被覆層の厚みは、０．０１～０．２μm程度であることが好ましい。表面被覆層の厚みが薄くなり過ぎると、活物質層と電解液との反応を抑制するという効果が十分に得られない場合がある。

【００１７】本発明において、集電体層となる基板の上に、Ｌｉと合金化する金属を堆積させることにより活物質層を形成する場合、基板表面には凹凸が形成されていることが好ましい。基板表面に凹凸を形成することにより、基板と活物質層との密着性が向上し、充放電反応に伴う活物質層の脱落を抑制することができる。基板の表面粗さＲaは、０．０１～２μm程度であることが好ましい。表面粗さＲaは、日本工業規格（ＪＩＳ Ｂ ０ ６ ０ １－１ ９ ９ ４）に定められており、例えば表面粗さ計により測定することができる。表面粗さＲaの大きな銅箔としては、電解銅箔が知られており、これらの電解銅箔を基板として用いることが好ましい。基板の厚みは、体積当り及び重量当りのエネルギー密度を考慮すれば、５０μm程度以下であることが好ましい。

【0018】本発明のリチウム二次電池は、上記本発明のリチウム二次電池用電極からなる負極と、正極と、非水電解質とを備えることを特徴としている。本発明のリチウム二次電池に用いる電解質の溶媒は、特に限定されるものではないが、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネート、ビニレンカーボネートなどの環状カーボネートと、ジメチルカーボネート、メチルエチルカーボネート、ジエチルカーボネートなどの鎖状カーボネートとの混合溶媒が例示される。また、前記環状カーボネートと1, 2-ジメトキシエタン、1, 2-ジエトキシエタンなどのエーテル系溶媒との混合溶媒も例示される。また、電解質の溶質としては、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiC}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_3$ など及びそれらの混合物が例示される。さらに電解質として、ポリエチレンオキド、ポリアクリロニトリルなどのポリマー電解質に電解液を含浸したゲル状ポリマー電解質や、 LiI 、 Li_3N などの無機固体電解質が例示される。本発明のリチウム二次電池の電解質は、イオン導電性を発現させる溶媒としての Li 化合物とこれを溶解・保持する溶媒が電池の充電時や放電時あるいは保存時の電圧で分解しない限り、制約なく用いることができる。

【0019】本発明のリチウム二次電池の正極活物質としては、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiMnO_2 、 $\text{LiCo}_0.5\text{Ni}_0.5\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_0.7\text{Co}_0.2\text{Mn}_0.1\text{O}_2$ などのリチウム含有遷移金属酸化物や、 MnO_2 などのリチウムを含有していない金属酸化物が例示される。また、この他にも、リチウムを電気化学的に挿入・脱離する物質であれば、制限なく用いることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することが可能なものである。

【0021】（実験1）

【電極の作製】厚み $18\mu\text{m}$ の電解銅箔（表面粗さ $R_a=0.188\mu\text{m}$ ）の上に、電解めっき法により、厚み $2\mu\text{m}$ の錫薄膜を形成した。陽極として銅を用い、めっき浴としては、表1に示す組成のものを用いた。

【0022】

【表1】

物質名	濃度
硫酸第一銅	$40\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
硫酸（98%）	$150\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
ホルマリン	$5\text{cm}^3\cdot\text{dm}^{-3}$
添加剤（上村工業製）	$40\text{cm}^3\cdot\text{dm}^{-3}$

【0023】以上のようにして、集電体層である電解銅箔の上に、活物質層である錫薄膜を形成した。次に、この錫薄膜の上に、厚み $0.02\mu\text{m}$ の Cu 層を電解めっき法により形成した。陽極として銅を用い、めっき浴としては表2に示す組成のものを用いた。

【0024】

【表2】

物質名	濃度
シアン化銅	$20\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
シアン化ナトリウム	$30\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$

【0025】以上のようにして活物質層である錫薄膜の上に、表面被覆層である Cu 層を形成した。このようにして得られた電極を、本発明電極a1とした。また、上記と同様にして、電解銅箔の上に錫薄膜を形成した後、錫薄膜の上に厚み $0.02\mu\text{m}$ の $\text{Sn}-\text{Cu}$ 合金層を電解めっき法により形成した。陽極としては銅と錫の分離陽極を用い、めっき浴としては表3に示す組成のものを用いた。なお、めっきにより形成した薄膜及び層の厚みは、めっき時の電流と時間から計算した値である。また、上記の Cu 層及び $\text{Sn}-\text{Cu}$ 合金層は、その厚みが非常に薄いので、錫薄膜の上を均一に被覆しているのではなく、島状に分布して被覆していると考えられる。

【0026】

【表3】

物質名	濃度
シアン化銅	$11\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
スズ酸ナトリウム（3水塩）	$90\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
シアン化ナトリウム	$27\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
水酸化ナトリウム	$16\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$

【0027】以上のようにして活物質層である錫薄膜の上に、表面被覆層である $\text{Sn}-\text{Cu}$ 合金層を形成した。このようにして得られた電極を、本発明電極a2とした。比較として、上記と同様にして電解銅箔の上に錫薄膜を形成したものを作製し、これを比較電極b1とした。従って、比較電極b1では、銅薄膜の上に表面被覆層を形成していない。

【0028】【電解液の作製】エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとの体積比1：1の混合溶媒に LiPF_6 を1モル／リットル溶解させて電解液を作製した。

【0029】【ビーカーセルの作製】上記各電極を $20\text{m}\times 2\text{cm}$ の大きさに切り取ったものを作用極として用い、図2に示すようなビーカーセルを作製した。図2に示すように、ビーカーセルは、容器1内に入れられた電解液中に、対極3、作用極4、及び参照極5を浸漬することにより構成されている。電解液2としては、上記電解液を用い、対極3及び参照極5としてはリチウム金属を用いた。

【0030】〔サイクル特性の測定〕上記のようにして作製したピーカーセルを、それぞれ25℃にて0.2mAで0V（vs. Li/Li⁺）まで定電流充電を行い、その後0.2mAで2V（vs. Li/Li⁺）まで定電流放電を行い、これを1サイクルとして、10サイクルまで充放電を行い、以下の式に定義される容量維持率を求めた。表4に結果を示す。なお、ここでは、作

用極の還元を充電とし、作用極の酸化を放電としている。

【0031】容量維持率（%）＝（10サイクル目の放電容量／1サイクル目の放電容量）×100

【0032】

【表4】

電 極	表面被覆層の種類	表面被覆層の厚み（μm）	200℃24時間熱処理の有無	容量維持率（%）
本発明電極a1	Cu	0.02	無	41
本発明電極a2	Sn-Cu	0.02	無	50
比較電極b1	—	0	無	17

【0033】表4に示す結果から明らかなように、活物質層の上に表面被覆層を形成した本発明電極a1及びa2は、活物質層の上に表面被覆層を形成していない比較電極b1に比べ、容量維持率が高くなっている。これは、活物質層の表面に表面被覆層が存在することにより、活物質層表面と電解液との反応が抑制されたためであると考えられる。

【0034】（実験2）実験1と同様にして、厚み18μmの電解銅箔（表面粗さRa＝0.188μm）の上に、電解めっき法により、厚み2μmの錫薄膜を形成した。次に、実験1と同様にして表2に示す組成のめっき浴を用い、錫薄膜の上に厚み0.05μm、0.2μm

の表面被覆層としてのCu層を形成し、それぞれをその後200℃で24時間熱処理した。熱処理により、Cu層と錫薄膜との界面において、それぞれ混合相が形成されていることが確認された。厚み0.05μmのCu層を形成したものを本発明電極c1、0.2μmのCu層を形成したものを本発明電極c2とした。

【0035】また、比較として、比較電極b1を200℃で24時間熱処理し、比較電極d1とした。上記実験1と同様にしてピーカーセルを作製し、充放電試験を行い、容量維持率を求めた。表5に結果を示す。

【0036】

【表5】

電 極	表面被覆層の種類	表面被覆層の厚み（μm）	200℃24時間熱処理の有無	容量維持率（%）
本発明電極c1	Cu	0.05	有	88
本発明電極c2	Cu	0.2	有	87
比較電極d1	—	0	有	80

【0037】表5に示す結果から明らかなように、表面被覆層を形成した本発明電極c1、c2は、比較電極d1に比べ、高い容量維持率を示している。これは、表面被覆層を形成することにより、活物質層表面と電解液との反応が抑制されたためであると考えられる。

【0038】図1は、本発明電極c1と比較電極d1の2サイクル目の充電曲線を示している。横軸は充電率を、縦軸は対リチウム電位を示している。比較電極d1では、1サイクル目には見られなかった対リチウム電位1.1V付近において電解液との反応であると考えられるプロファイルが認められ、充放電効率が81%と低かった。これに対し、本発明電極c1では、そのようなプロファイルは認められず、充放電効率も99%と高かった。従って、本発明電極c1では、活物質層の表面に表面被覆層が存在することにより、活物質層表面と電解液との反応が抑制されていると考えられ、この抑制によって良好な充放電効率が得られ、かつ良好な充放電サイク

ル寿命特性が得られるものと考えられる。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、放電容量が大きく、かつ充放電サイクル特性に優れたリチウム二次電池用電極とすることができる。

【図面の簡単な説明】

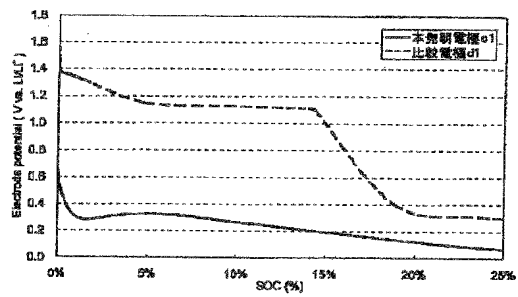
【図1】本発明に従う本発明電極の2サイクル目の充電曲線を示す図。

【図2】本発明の実施例において作製したピーカーセルを示す模式的断面図。

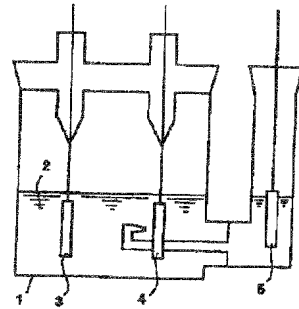
【符号の説明】

- 1…容器
- 2…電解液
- 3…対極
- 4…作用極
- 5…参照極

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 神野 丸男

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

Fターム(参考) 5H017 AA03 AS02 BB01 BB16 CC01

EE01 HH03

5H029 AJ03 AJ05 AK03 AM03 AM05

AM07 BJ13 CJ02 CJ24 DJ07

EJ01 HJ04

5H050 AA07 AA08 BA16 CA02 CA08

CA09 CB12 DA03 DA04 DA07

FA04 FA18 GA02 GA24 HA04